



Mit mehreren Netzen jonglieren, Internetseiten abrufen, E-Mails empfangen, Gespräche starten – wissen Sie eigentlich, was Ihr Handy alles macht, wenn es auf Sendung ist? COMPUTERBILD sorgt für Erleuchtung.

Herzlichen Glückwunsch, Mobilfunk: Das drahtlose Telefonieren wird 50! Aber im Gegensatz zu manch anderem Fuffziger ist der Mobilfunk im Laufe der Jahre dynamischer, vielseitiger, schneller und billiger geworden. Anno 1958 waren die ersten Geräte im sogenannten „A-Netz“ fest ins Auto eingebaute Röhren-Monster, die beinahe den gesamten Kofferraum ausfüllten. Das „Standardgerät B72“ beispielsweise wog 16 Kilogramm und kostete mit bis zu 15 000 D-Mark etwa dreimal so viel wie ein Volkswagen.

Inzwischen sind Plaudern und SMS-Versand unterwegs eine Selbstverständlichkeit: Statistisch besitzt jeder Deutsche mindestens ein Handy. Aus dem „A-Netz“ entwickelten sich immer neue Funknetz-Generationen. Der jüngste Standard UMTS* ist spezialisiert auf E-Mail-Verkehr und Surfen im Internet per Handy. Welche Techniken dabei zum Einsatz kommen und worauf Sie bei der Auswahl des richtigen Netzes achten sollten, erklärt Ihnen COMPUTERBILD.

Welche Mobilfunk-techniken gibt es?

Derzeit nutzen die deutschen Netzbetreiber drei unterschiedliche Funktechniken:

■ **D-Netz:** Am ältesten sind die so genannten D-Netze, die 1992 in Be-

trieb gingen: D1 (heute T-Mobile) und D2-privat (jetzt Vodafone). D-Netze funken auf der Frequenz 900 Megahertz* (MHz). Die Sendeleistung der Handys beträgt maximal 2 Watt, das sorgt für eine große Reichweite. Die Entfernung zwi-

schen dem Handy und dem nächsten Sendemast kann deshalb bis zu 35 Kilometer betragen.

■ **E-Netz:** 1994 startete mit E-Plus das erste E-Netz, 1997 ging mit Viag Interkom (heute O2) der zweite Anbieter auf Sendung. E-Netze arbei-



Jahr	1958	1972	1985	1992	1994	2004
Gerätepreis (ohne Vertrag)	7700 Euro	5100 Euro	2550 Euro	ab 500 Euro	ab 400 Euro	ab 1000 Euro
Monatliche Grundgebühr	138 Euro	138 Euro	138 Euro	ab 40 Euro	ab 22 Euro	ab 30 Euro

1958 ging das erste Mobilfunknetz in Betrieb – mit astronomischen Gebühren. In den folgenden Jahrzehnten wurden die Mobiltelefone und Gespräche immer günstiger. Nur beim Start von UMTS waren die passenden Handys und Tarife deutlich teurer. Inzwischen sind UMTS-Handys aber nur noch wenig teurer als Geräte fürs D- oder E-Netz, die Gesprächskosten sind gleich.



Die meisten Mobilfunkantennen (links) stehen auf Dächern, um den Empfang zu optimieren. Die Übertragung der Gespräche läuft über Verteiler (rechts), die meist per Kabel miteinander verbunden sind.

ten mit einer höheren Funkfrequenz (1800 MHz). Das verringert zwar die Reichweite auf maximal zehn Kilometer, aber dafür kommen die Handys mit einer geringeren Sendeleistung aus (1 Watt).

Beide Techniken arbeiten nach dem weltweiten **GSM** (S.83) [01]-Standard. Wegen der unterschiedlichen Frequenzen funktionierten Handys jedoch früher nur im D- oder nur im E-Netz. Seit vielen Jahren funken sie problemlos auf beiden Frequenzen („Dualband“) und lassen sich so in D- und E-Netzen verwenden.

Inzwischen verwenden alle Netzbetreiber beide Netzfrequenzen: T-Mobile und Vodafone haben auch Sendestationen mit E-Netz-Technik, E-Plus und O2 nutzen auch D-Netz-Technik. Den Wechsel zwischen D- und E-Netz erledigen Dualband-Handys vollautomatisch, der Kunde bekommt davon nichts mit.

■ **UMTS:** Im Jahr 2000 wurden die Frequenzen für die jüngste Mobilfunkgeneration UMTS versteigert. Die Netzbetreiber versprachen sich ein enormes Umsatzwachstum mit neuen Funktionen wie Videotelefonie und mobiles Internet. Deshalb zahlten sie mehr als 100 Milliarden D-Mark allein für die UMTS-Lizenzen. Anfang 2004 nahmen Vodafone und T-Mobile den UMTS-Betrieb auf. E-Plus und O2 folgten einige Monate später. Für UMTS sind spezielle Handys erforderlich. Aber alle UMTS-Geräte funktionieren auch in den D- und E-Netzen.

Wie funktioniert das Telefonieren per Handy?

In mehreren Stufen angeordnete Verteiler vermitteln die Gespräche (siehe Grafik unten). Das Handy hält Funkkontakt zu einer Sendestation. Davon gibt es in Deutschland

über 65 000. T-Mobile und Vodafone betreiben jeweils mehr als 20 000 Sendestationen. In München zum Beispiel hat jeder Anbieter etwa 400 Sendemasten.

In GSM-Netzen heißen die Sender „Base Transceiver Station“, bei UMTS „Node B“. Der Bereich, den ein Sender versorgt, wird Funkzelle

genannt. Ihre Größe hängt von der Netztechnik und dem Standort ab. In jeder Zelle kann nur eine bestimmte Zahl von Nutzern telefonieren. Weitere Gesprächsversuche werden dann abgelehnt. In diesem Fall müssen Sie warten, bis wieder ein Platz in der Funkzelle frei wird, oder Sie wechseln den Standort.

Damit das möglichst selten passiert, überwachen die Betreiber Ihre Netze mit großem Aufwand (siehe Bild Seite 82) und planen den Netzausbau so, dass die Netze zwar ausgelastet sind, aber keine Engpässe entstehen. Viele Funkzellen in den Innenstädten haben einen Durchmesser von nur 200 Metern, weil hier viele Menschen gleichzeitig telefonieren. Am Stadtrand sind die Funkzellen größer, auf dem Land reichen sie einige Kilometer weit.

Jeweils mehrere Sendestationen werden von einem Verteiler („Base

Station Controller“ oder „Radio Network Controller“) gesteuert. Der Verteiler überwacht die Verbindungsqualität und leitet bei Bedarf per sogenanntem Handover ein Gespräch an eine andere Funkzelle weiter (siehe Grafik auf Seite 83). Die Verbindung zwischen den einzelnen Verteilern und zu anderen Telefonnetzen regelt der Hauptverteiler („Master Switching Center“).

Kann ich mein Handy überall nutzen?

Das hängt vom Handy und der darin steckenden **SIM** (S.83) [02]-Karte ab:

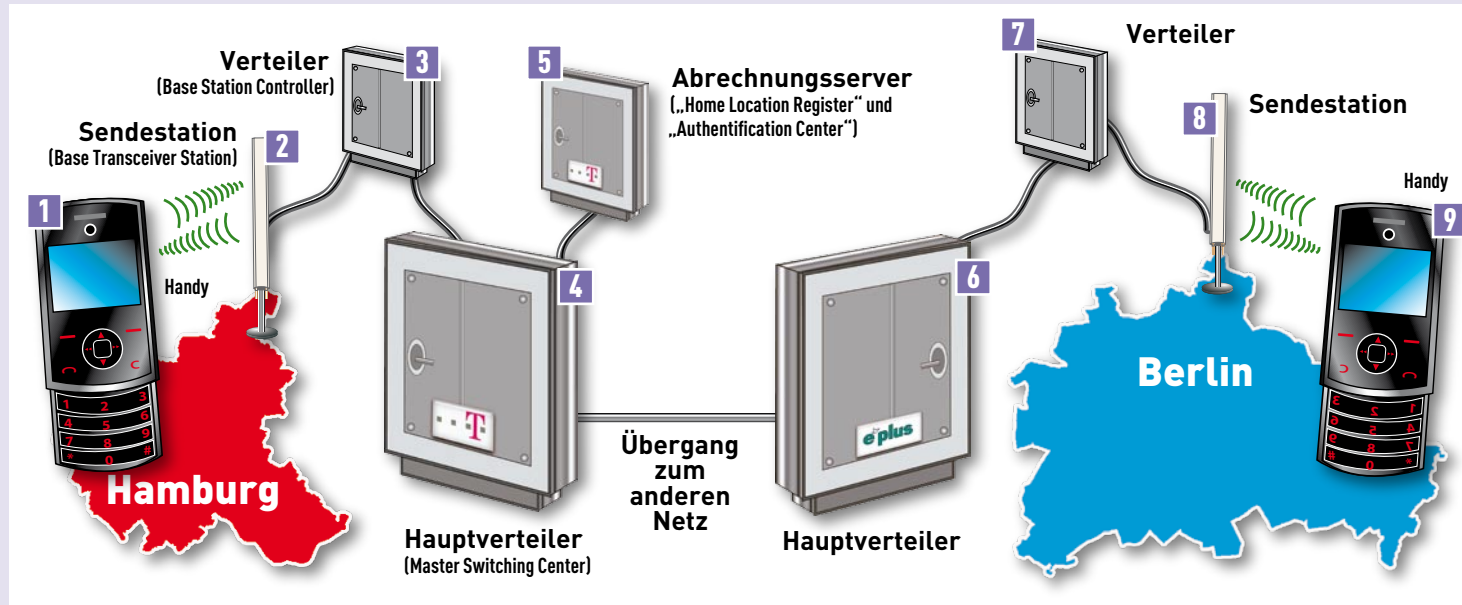
■ **Technik:** Mit einem Dualband-Handy bekommen Sie in allen europäischen Ländern eine Verbindung, da die Anbieter dort dieselben Frequenzen verwenden wie hierzulande. In den USA kommt die Frequenz 1900 MHz hinzu. Die mittlerweile weit verbreiteten Triband-Handys funken auch in damit versorgten Regionen.

Immer mehr Anbieter in Amerika nutzen allerdings auch die Frequenz 850 MHz. Wollen Sie überall telefonieren, benötigen Sie deshalb ein Quadband-Handy für alle vier Frequenzen. Diese Technik gehört bei teureren Handys inzwischen zur Serienausstattung.

Welche Modelle auf welchen Frequenzen funken, zeigt die Super-Handy-Übersicht auf Seite 112.

Bei UMTS-Geräten gibt es diese Unterschiede nicht. Sie funktionieren in jedem UMTS-Funknetz der Welt. So können Sie ein UMTS-Handy beispielsweise auch in Japan und Südkorea benutzen, wo es keine GSM-Funknetze gibt.

So wird ein Telefongespräch vom Handy vermittelt



Wenn Sie beispielsweise mit einem T-Mobile-Handy ein E-Plus-Handy anrufen, baut Ihr Handy 1 eine Funkverbindung über die nächste Sendestation 2 und den dazugehörigen Verteiler 3 zum Hauptverteiler 4 auf. Der Abrechnungsserver 5 hat beim Einschalten des Handys geprüft, ob die SIM (S.83) [02]-Karte freigeschaltet ist. Nur dann wird die Verbindung aufgebaut. Anhand der gewählten Nummer stellt der Hauptverteiler fest, in welches Netz der Anruf geht. In diesem Fall leitet er den Anruf an den Hauptverteiler von E-Plus 6 weiter. Der weiß, ob das E-Plus-Handy im Netz eingebucht ist, und übergibt das Gespräch an den entsprechenden Verteiler 7, der es an die Sendestation 8 weiterleitet. Die Sendestation stellt dann die Verbindung zum E-Plus-Handy 9 her. Ist das angerufene Handy nicht im Netz, leitet der Hauptverteiler zum Anrufbeantworter weiter.

■ **Abrechnung:** Damit Sie mit Ihrem Handy im Ausland telefonieren können, haben die deutschen Netzbetreiber sogenannte Roaming-Verträge mit Netzbetreibern in anderen Ländern abgeschlossen. Diese Verträge regeln die Abrechnung der Verbindungskosten.

Für Vorkasse-Kunden funktioniert das Roaming in der Regel nur, wenn die Prepaid-Karte das sogenannte „Hot Billing“ erlaubt. Dabei rechnet der Anbieter die angefallenen Gesprächskosten sofort ab.

Am besten fragen Sie vor der Reise in einer Filiale Ihres Netzbetreibers nach den Kosten für Auslandsgespräche. Einen Überblick geben auch die Tarifabellen auf Seite 110.

Bei Aufenthalten in EU-Ländern dürfen abgehende Gespräche maximal 58 Cent pro Minute kosten, ankommende Telefonate höchstens 29 Cent.

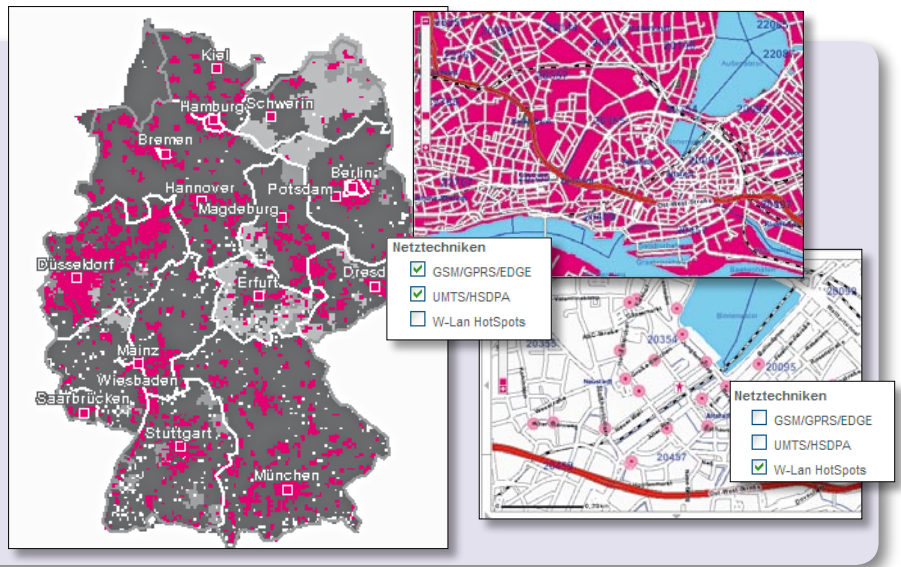
Welche Dienste bieten die Netze noch?

Mit modernen Handys können Sie nicht nur telefonieren, sondern auch Daten verschicken, beispielsweise Textnachrichten per SMS oder Bilder per MMS. Dabei fallen nur geringe Datenmengen an. Darüber hinaus kommen Sie mit vielen aktuellen Handys auch ins Internet. Dabei werden allerdings oft große Datenmengen übertragen.

GSM-Netze sind dabei recht langsam: Per GPRS („General Packet Radio Service“) erreichen sie nicht mal Modem*-Geschwindigkeit (siehe Tabelle rechts). Deutlich schneller geht's per EDGE („Enhanced Data Rates GSM Evolution“, auf Deutsch: „Verbesserte Datenrate“ zur GSM-Weiterentwicklung“).

UMTS wurde speziell für schnelle Datenübertragungen entwickelt und ist mit 384 kbps klar schneller

In welcher Region welche Funktechnik zur Verfügung stehen, können Sie in vielen Fällen im Internet nachschauen, etwa bei T-Mobile → ①. Die Karten lassen sich vergrößern, bis der gewünschte Bereich zu sehen ist. T-Mobile zeigt außerdem die Standorte seiner Hotspots → ②. Vodafone → ③ und E-Plus → ④ bieten ebenfalls detaillierte Karten. Nur O2 hat die Karten im Internet → ⑤ nicht nach Funktechniken aufgeschlüsselt.



als GSM. Auch für UMTS gibt es Daten-Turbos: HSDPA („High Speed Downlink Packet Access“) und HSUPA („High Speed Uplink Packet Access“). HSDPA beschleunigt den Empfang von Daten auf bis zu 7,2 Megabit pro Sekunde (Mbps*), HSUPA den Versand auf 1,4 Mbps.

Alle Daten-Turbos funktionieren nur mit einem entsprechend ausgestatteten Handy. GPRS und meist auch EDGE gehören bei modernen Geräten zur Standardausrüstung. Nur günstigeren Handys fehlt diese Technik. HSDPA haben viele neue UMTS-Handys an Bord. Per HSUPA gibt dagegen derzeit nur eine Handvoll Datenkarten fürs Notebook richtig Gas.

Alle Nutzer, die in einer Funkzelle Daten senden oder empfangen, müssen sich die Kapazitäten teilen. Das heißt: Je mehr aktive Nutzer, desto weniger Geschwindigkeit bleibt für den einzelnen. Auch auf die Größe einer Zelle kommt es an: Je weiter Sie von der Antenne des Netzbetreibers entfernt sind, desto langsamer wird die Verbindung. In

Langsamer als versprochen: Datenübertragung

Die in der Werbung versprochene Geschwindigkeit wird – wie bei DSL im Festnetz – nur selten erreicht. So bleibt die HSDPA-Ausbau-

stufe „3,6“ mit 2000 kbps* deutlich unter der versprochenen Datenrate* von 3,6 Mbit pro Sekunde (3600 kbps).

	Übertragungstempo beim Herunterladen		Übertragungsdauer beim Herunterladen		
	Angegebene Geschwindigkeit	Tatsächliche Geschwindigkeit	Digitalfoto (1 Megabyte)	MP3-Lied (4 Megabyte)	Video (20 Megabyte)
Festnetz					
DSL 2000	2000 kbps	1600 kbps	5 Sek.	20 Sek.	1 Min. 40 Sek.
DSL 6000	6000 kbps	4000 kbps	2 Sek.	8 Sek.	40 Sek.
DSL 16000	16000 kbps	9000 kbps	1 Sek.	4 Sek.	18 Sek.
Mobilfunk					
GSM (GPRS)	53,6 kbps	40 kbps	3 Min. 20 Sek.	13 Min. 20 Sek.	66 Min. 40 Sek.
EDGE	220 kbps	180 kbps	44 Sek.	2 Min. 58 Sek.	14 Min. 49 Sek.
UMTS	384 kbps	250 kbps	32 Sek.	2 Min. 8 Sek.	10 Min. 40 Sek.
HSDPA 1,8	1800 kbps	1000 kbps	8 Sek.	32 Sek.	2 Min. 40 Sek.
HSDPA 3,6	3600 kbps	2000 kbps	4 Sek.	16 Sek.	1 Min. 20 Sek.
HSDPA 7,2	7200 kbps	4000 kbps	2 Sek.	8 Sek.	40 Sek.
WLAN					
802.11g	54 000 kbps	27 000 kbps	1 Sek.	2 Sek.	6 Sek.

der Praxis liegt das Tempo mindestens ein Drittel unter den genannten Werten, bei EDGE beispielsweise bei 180 statt 220 Kilobit pro Sekunde (siehe Tabelle oben).

Wie kann ich den Empfang verbessern?

Grundsätzlich klappt der Empfang von Mobilfunksignalen in Gebäuden nicht so gut wie im Freien. Bei schlechtem Empfang können daher ein paar Schritte in Richtung Fenster eine enorme Verbesserung bewirken. Das gilt vor allem für E-Netze, die mit 1800 MHz Funkfrequenz arbeiten. D-Netze sind wegen der niedrigeren Funkfrequenz (900 MHz) nicht so empfindlich.

UMTS-Netze benutzen ein anderes Übertragungsverfahren, das Störungen in Innenräumen zumindest teilweise ausgleichen kann.

Im Freien können Hochhäuser, Kräne oder ähnliche Hindernisse die Funkversorgung beeinträchtigen. Auch hier gilt: Ein paar Meter weiter kann die Versorgung schon erheblich besser sein. Im Auto empfiehlt sich eine Freisprechanlage mit Außenantenne, da die Karosse-

rie die Funksignale abschirmt. Dies gilt besonders für Fahrzeuge mit metallbedampften Scheiben.

In ICE-Zügen sollten Sie einen Wagen mit einem Repeater → ③ wählen (siehe Bild unten). Dort haben Sie meist einwandfreien Empfang. Sie erkennen die Wagen an einem Handy-Symbol. Bei der Platzreservierung können Sie einen Sitz in einem solchen Wagen buchen.

Welches Mobilfunknetz ist das beste?

■ **Telefonieren:** Hier kommt es vor allem auf eine möglichst flächendeckende Netzversorgung an. In diesem Punkt sind T-Mobile und Vodafone führend, ihre Netze decken nahezu ganz Deutschland ab. Bei E-Plus dagegen gibt's immer noch ein



Guten Handy-Empfang im ICE bieten die „Repeater“-Wagen (Symbol links). Im Ruhebereich ist der Empfang schlecht.



In der Netzzentrale eines Mobilfunknetzbetreibers (hier T-Mobile) überwachen Techniker das Netz auf Störungen. Zudem prüfen sie, wie stark das Netz ausgelastet ist. So kann der Anbieter sein Netz je nach Auslastung optimal ausbauen.

Foto: Günter Jazbec

paar Gebiete ohne Netzversorgung auf der Landkarte.

O₂ hat noch größere Lücken im Funknetz. Damit die Kunden trotzdem überall telefonieren können, dürfen sie bislang per „national Roaming“ das Netz von T-Mobile nutzen. Diese Möglichkeit baut O₂ derzeit nach und nach ab, gleichzeitig baut der Anbieter sein eigenes Netz weiter aus.

■ **Internet:** Hier zählt vor allem die schnelle Datenübertragung. Die Unterschiede beim Netzausbau sind groß: So bieten derzeit nur T-Mobile und Vodafone den Datenturbo EDGE, O₂ rüstet die Beschleunigungstechnik gerade nach. E-Plus plant keinen Netzausbau mit EDGE.

Ähnlich das Bild bei UMTS: T-Mobile und Vodafone haben den größten Teil ihrer UMTS-Netze auf 3,6 Megabit pro Sekunde beschleunigt. E-Plus will in diesem Jahr mit dem Ausbau zu beginnen. O₂ bietet HSDPA nur in sieben Großstädten.

HSUPA steckt noch in den Kinderschuhen: Derzeit versorgt Vodafone 50 Städte. T-Mobile hat mit Friedrichshafen, Hannover und Nürnberg begonnen.

Einen Überblick über den aktuellen Stand des Netzausbaus finden Sie in der Tabelle rechts. Bei E-Plus, T-Mobile und Vodafone können Sie sich im Internet anschauen, wo welche Techniken zur Verfügung stehen (siehe Bild auf Seite 82). Diese Karten basieren allerdings nicht auf Messungen, sondern werden mit aufwendigen Rechenmodellen am Computer erstellt. Daher können sich in der Praxis leichte Abweichungen ergeben.

Wie gefährlich ist Handystrahlung?





Das ist umstritten. Bislang gibt es keine klaren Beweise für eine Gesundheitsgefährdung. Handys strahlen auch nicht stärker als schnurlose Telefone (siehe Test auf Seite 90). Es ist aber trotzdem sinnvoll, dass ein Handy möglichst wenig Strahlung abgibt. COMPUTERBILD ermittelt daher in allen Tests den COMPUTERBILD-Strahlungsindex. Er gibt an, wie viel Strahlung ein Handy in der Praxis erzeugt. [lh/svs]

Aktueller und geplanter Ausbau der Mobilfunknetze

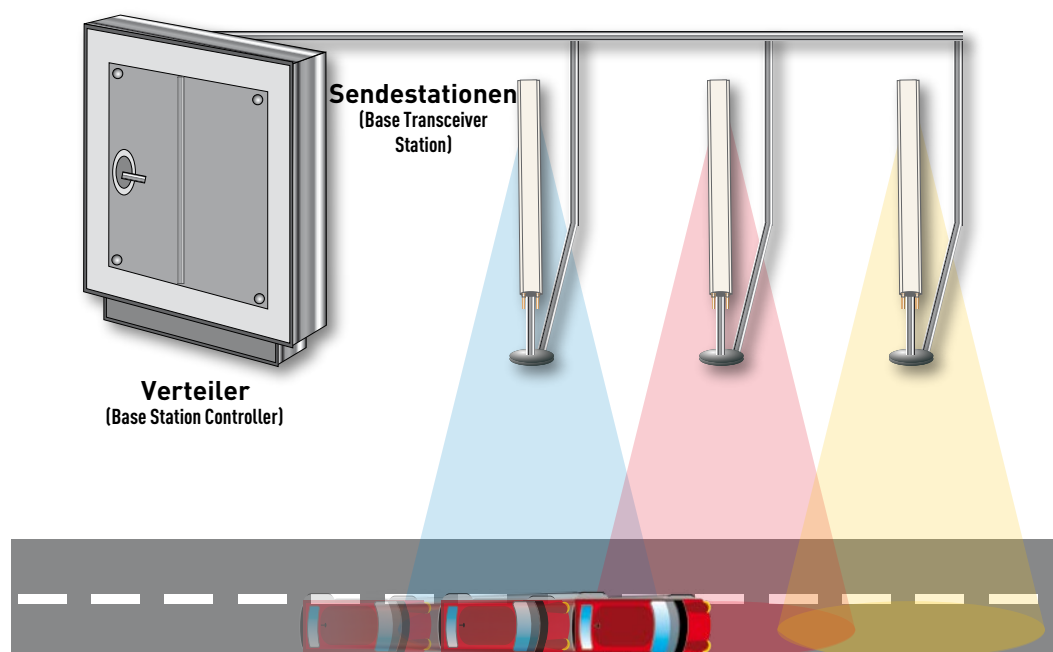
Alle Netzbetreiber geben den Ausbau ihrer Netze in Prozentwerten an. Die entsprechenden Werte beziehen sich jedoch nicht auf

die Fläche Deutschlands, sondern auf die Bevölkerung. Wenn E-Plus zum Beispiel die Reichweite seines UMTS-Netzes mit 60 Pro-

zent angibt, so bedeutet dies, dass damit 60 Prozent der Bevölkerung erreicht werden. Dies entspricht in etwa sämtlichen Großstädten.

Netz	GSM		UMTS				
	Standard (GPRS)	EDGE	Standard	HSDPA	HSDPA	HSDPA	HSUPA
Übertragungstechnik							
Max. Tempo (Empfangen/Senden)	40 kbps/20 kbps	220 kbps/110 kbps	384 kbps/384 kbps	1,8 Mbps/384 Kbps	3,6 Mbps/384 Kbps	7,2 Mbps/384 Kbps	7,2 Mbps/1,4 Mbps
	annähernd flächendeckend	nahezu flächendeckend; bis Ende März 2008 im gesamten GSM-Netz	keine Angabe	im gesamten UMTS-Netz	im gesamten UMTS-Netz	an Flughäfen und auf Messegeländen	in Hannover und Nürnberg; bis Sommer 2008 im gesamten UMTS-Netz
	annähernd flächendeckend	zusammen mit UMTS über 90% der Bevölkerung	über 80% der Bevölkerung	im gesamten UMTS-Netz	im gesamten UMTS-Netz	an Flughäfen und auf Messegeländen	in 50 Städten; bis Sommer 2008 im gesamten UMTS-Netz
	99% der Bevölkerung	nicht geplant	60% der Bevölkerung	Beginn des HSDPA-Ausbaus 2008	Ausbau auf 3,6 Mbps noch offen	Ausbau auf 7,2 Mbps noch offen	Beginn des Netzausbaus noch offen
	über 95% der Bevölkerung	bei neuen Standorten installiert, aber noch nicht aktiv	fast 60% der Bevölkerung	Berlin, Braunschweig, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, Köln, München	Berlin, Braunschweig, Düsseldorf, Frankfurt, Hamburg, Köln, München	Beginn des Netzausbaus noch offen	Beginn des Netzausbaus noch offen

So bleibt die Verbindung bei Handytelefonaten erhalten



Jedes eingeschaltete Handy hält ständig Kontakt zur Sendeantenne, deren Signale es am besten empfängt. Wird das Signal – etwa bei einer Autofahrt – zu schwach, leitet der Verteiler das Gespräch weiter zur nächsten Antenne („Handover“). Weil das Handynetz weiß, welche Antenne Ihr Handy gerade nutzt, kennt es immer Ihren Standort.

WAS IST EIGENTLICH?

01 GSM

Die Technik der D- und E-Netze wird als „Global System for Mobile Communication“ bezeichnet. Der Industrieverband GSM Association koordiniert die technische Weiterentwicklung, beispielsweise des GSM-Nachfolgestandards UMTS*.



02 SIM-Karte

Das „Subscriber Identity Module“ steckt in Ihrer Handykarte. Das SIM dient zur Identifizierung des Handys gegenüber dem Netz. Zudem stecken Schlüssel für die automatische Verschlüsselung der Gespräche im Handynetz auf der Karte.

03 Repeater

Ein Repeater empfängt Funksignale, verstärkt sie und strahlt sie erneut aus. Diese Technik wird eingesetzt, wenn der direkte Empfang mit dem Handy zu schlecht ist. Der Repeater ist oft an eine externe Antenne angeschlossen, um den Empfang zu verbessern.

04 Hotspot

Hotspots nennt man öffentlich zugängliche Funknetzwerke, die einen Internetzugang zur Verfügung stellen. Sie lassen sich auch mit Handys nutzen, in denen ein WLAN*-Adapter steckt. Hotspots gibt es beispielsweise in Hotels, am Bahnhof oder am

Flughafen. Dort ist der Zugang meistens kostenpflichtig. Einige Café-Ketten bieten für Ihre Gäste einen kostenlosen Zugang ins Internet an. Hotspots arbeiten meist ohne Verschlüsselung. Deshalb sollten Sie dort möglichst keine vertraulichen Daten verschicken oder empfangen.

Weitere Fachbegriffs-Erklärungen auf Seite 158/159